

Jaroslav Petráš, Jozef Balogh, Jaroslav Džmura

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

Aspekty návrhu kalibrátora častkových výbojov

Abstrakt. Kalibrátor častkových výbojov ako zdroj impulzov je používaný pri meraní charakteristík častkových výbojov a vyhodnocovaní výbojovej činnosti v izolačných systémoch vysokonapäťových strojov a zariadení. Namerané hodnoty diagnostických parametrov častkových výbojov sú porovnávané s hodnotami pri kalibrácii meraného obvodu známym kalibračným nábojom, tzn. kalibrátor má vplyv na výsledky celého merania. Článok opisuje problematiku návrhu a stavby elektronického kalibrátora častkových výbojov od 10pC do 10 000 pC. Taktiež sa zaoberá nastavením a testovaním tohoto kalibrátora a jeho porovnaním s kalibrátorom od profesionálneho výrobcu.

Abstract. Calibrator of partial discharges serves as a pulse source and it is used during partial discharge measurements and partial discharge activity evaluation in insulation systems. Measured values of diagnostic parameters of partial discharges are compared with the measured values from calibration measurement with calibrator that injects into circuit known value of charge. Therefore the calibrator has a significant impact to the results achieved from measurements. This paper describes some aspects of design of electronic calibrator for partial discharge measurements in the range from 10pC to 10 000 pC. It describes also the adjustment and testing of such a calibrator.

Kľúčové slová: kalibrátor, častkové výboje, náboj, kalibračný impulz.

Keywords: calibrator, partial discharge, charge, calibration pulse.

Úvod

Zdroj nábojových impulzov – kalibrátor častkových výbojov sa používa pri meraní charakteristík častkových výbojov (ČV) a vyhodnocovaní výbojovej činnosti v izolačných systémoch vysokonapäťových strojov a zariadení.

Meranie ČV je meraním porovnávacím, t.j. namerané hodnoty diagnostických parametrov ČV sa porovnávajú s hodnotami týchto parametrov pri kalibrácii meraného obvodu známym kalibračným nábojom. Od kalibrovania meracieho zariadenia a meracieho obvodu závisia výsledky celého merania.

Kalibrátory môžeme rozdeliť do dvoch kategórií:

1. fyzikálne
2. elektronické

Kalibrátory pracujúce na fyzikálnom princípe generujú ČV obvykle v plynnom prostredí, rovnako ako vznikajú ČV v elektricky namáhaných izolačných systémoch. Tieto kalibrátory sa predovšetkým používajú ako normály ČV pre kalibráciu meradiel a kalibrátorov určených pre praktické merania v teréne.

Elektronické kalibrátory generujú impulzy podobné impulzom ČV elektricky. Pomocou derivačného kondenzátora sa z obdĺžnikového priebehu vytvorí ihlový impulz, ktorý je podobný impulzom ČV.

V ďalšom je popísaný návrh a stavba elektronického kalibrátora častkových výbojov, ktorý generuje náboje v rozsahu od 10 pC do 10 000 pC.

Požiadavky na elektronické časti kalibrátora

Každý elektronický kalibrátor ČV musí spĺňať niekoľko podmienok:

- správny tvar a početnosť kalibračných impulzov,
- synchronizácia kalibračných impulzov,
- dostatočný rozsah kalibračných impulzov a vhodná preladiťnosť ich veľkostí,
- vhodná veľkosť kapacity kalibračného kondenzátora C_0 .

a) Tvar a početnosť kalibračných impulzov

Kalibračné impulzy, ktoré generuje kalibrátor by mali mať trvanie čela približne od 50 ns do 100 ns a to z dôvodu zhodného tvaru časového priebehu so skutočnými

impulzmi, ich zhodnej frekvenčnej charakteristiky a z dôvodu dosiahnutia čo najpresnejšej kalibrácie. Tyl impulzu by sa však mal skončiť pred generovaním ďalšieho impulzu. Vyžaduje sa tiež malá doba ustálenia priebehu impulzov.

Počet kalibračných impulzov za jednu periódu testovacieho napätia býva u väčšiny komerčne dostupných kalibrátorov 2 impulzy, čo úzko súvisí so synchronizáciou týchto impulzov s testovacím napätím.

b) Synchronizácia kalibračných impulzov

Synchronizácia kalibračných impulzov sa požaduje z dôvodu stabilného zobrazenia impulzov pri ich zobrazení na osciloskope v superpozícii s testovacím napätím.

Synchronizáciu je možné vykonať u kalibrátorov, ktoré sú napájané striedavým napätím 230V/50Hz práve týmto napájacím napätím v prípade, ak má testovacie napätie rovnakú fázu ako napájacie napätie.

U kalibrátorov vyrobených pre prácu v teréne, ktoré bývajú napájané jednosmerným napätím napr. 9 V je takáto synchronizácia nemožná. Riešením je použitie okolitého osvetlenia pripojeného na rozvodnú sieť s napätím s frekvenciou 50Hz ako zdroj synchronizácie. Vlastnú synchronizáciu potom v obvode kalibrátora zabezpečuje u starších typov fotodióda alebo u novších kalibrátorov fototranzistor.

Rozsah kalibračných impulzov

Pri meraniach v praxi je potrebný rozsah kalibračných impulzov o veľkosti od 5pC do 10 000pC a v mnohých prípadoch aj rozsah nad 10 000pC (napr. pri diagnostike točivých strojov, káblov).

Kalibrátor je možné navrhnuť s plynulou alebo so skokovou reguláciou veľkostí kalibračných nábojov. Táto veľkosť kalibračného náboja sa však nesmie meniť v závislosti od kapacity pripojeného kalibrovaného objektu. Z tohto hľadiska je dôležité poznať pomer medzi kapacitou kalibračného kondenzátora a kapacitou kalibrovaného objektu.

Výber veľkosti kapacity kalibračného kondenzátora C_0

Kalibračným kondenzátorom sa označuje derivačný kondenzátor, ktorý je súčasťou elektronického obvodu kalibrátora a vytvára sa na ňom z privádzaného

obdĺžnikového napätia napätie s priebehom v tvare ihlových impulzov.

V prípade, že veľkosť kapacity kalibračného kondenzátora C_0 je omnoho menšia v porovnaní s veľkosťou kapacity kalibrovaného objektu C_t ($10 \cdot C_0 < C_t$), veľkosť kalibračného náboja Q je možné vypočítať podľa nasledujúceho vzťahu:

$$(1) \quad Q = U \cdot C_0$$

kde U je veľkosť napätia privedeného na kalibračný kondenzátor. Veľkosť náboja nie je teda závislá na kapacite pripojeného testovaného izolačného systému.

V prípade, že podmienka $10 \cdot C_0 < C_t$ nie je splnená, je nutné uvažovať so sériovým spojením kapacít kalibračného kondenzátora a testovaného izolačného systému a kalibračný náboj je potrebné počítať podľa vzťahu

$$(2) \quad Q = U \cdot \frac{C_0 \cdot C_t}{C_0 + C_t}$$

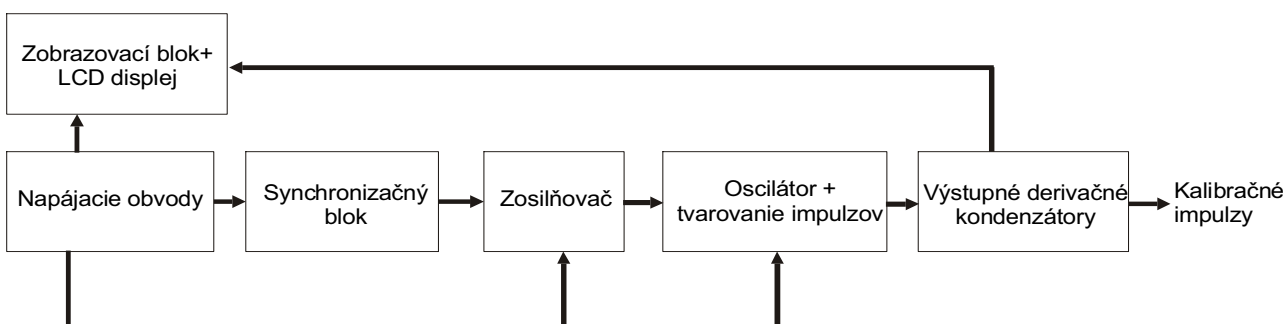
Pre realizáciu kalibračných nábojov veľkostí 10 000 pC a viac sú k dispozícii dve možnosti:

- dosiahnuť takýto náboj príslušným zväčšením kapacity kalibračného kondenzátora. To však nie je príliš schodná cesta riešenia problému. Kapacita kalibračného kondenzátora by nemala prekročiť hodnotu približne 150 pF práve z dôvodu nezávislosti kalibračného náboja od testovaného objektu. Veľkosť kapacity kalibračného kondenzátora nemožno zväčšovať, pretože pri prekročení veľkosti kapacity C_0 nad hodnotu $C_t/10$ sa už začína uplatňovať vplyv sériového zapojenia kapacít C_0 a C_t . V tomto prípade sa už počíta veľkosť náboja podľa vzťahu (2), čo v praxi znamená, že vplyv kapacity C_t znižuje veľkosť výslednej kalibračnej kapacity. Nie je tu teda splnená dôležitá požiadavka nezávislosti kalibračného náboja od testovaného objektu.

- druhou možnosťou je dosiahnuť zväčšenie kalibračného náboja pomocou zväčšenia napätia, ktoré nabíja kalibračné kondenzátory. Toto riešenie by však vyžadovalo v prípade kalibračnej kapacity maximálne 150 pF a veľkosti kalibračného náboja 10 000 pC nabíjacie napätie asi 66 V. Takéto nabíjacie napätia sú však pri kalibrátoroch napájaných napr. z batérie 9 V a používaných v teréne, nereálne. Nabíjacie napätia podobných veľkostí je možné realizovať iba v kalibrátoroch, ktoré sú napájané priamo zo siete 230 V/50 Hz, a sú napr. súčasťou merača častkových výbojov.

Príklad realizácie kalibrátora

Na obr. 1 je zobrazená bloková schéma možného návrhu kalibrátora častkových výbojov:



Obr.1. Bloková schéma kalibrátora častkových výbojov

Napájacie obvody: Prístroj je napájaný buď externe, alebo interne jednosmerným napätím +9 V. Prepínanie medzi týmito spôsobmi napájania je riešené tak, že pri zapojení externého napájania, interné sa automaticky vypína. Tieto obvody dodávajú napätie pre činnosť ostatných častí kalibrátora. V napájacích obvodoch je použitý napäťový regulátor a Zennerova dióda pre dobrú stabilitu napájacieho napätia, dióda pre ochranu proti prepólovaniu.

Zobrazovací displej: Zobrazuje aktuálnu hodnotu generovaného kalibračného náboja.

Synchronizačný blok: Kalibrátor je synchronizovaný externe cez fototranzistor na frekvenciu okolitého osvetlenia. Fototranzistor vyrába synchronizačné impulzy pre interný oscilátor.

Zosilňovač: Zosilňuje synchronizačné impulzy na úroveň potrebnú pre ďalšie časti obvodu.

Oscilátor a tvarovanie impulzov: V tejto časti obvodu je pomocou Schmittových preklápacích obvodov realizovaný oscilátor a následné tvarovanie oscilátorom generovaných impulzov. Tieto impulzy sa potom privádzajú na jednotlivé výstupné derivačné kondenzátory.

Veľkosť kalibračného náboja 10 000 pC je dosiahnuté v tomto prípade zvýšením kapacity kalibračného kondenzátora na hodnotu 1400 pF. Toto riešenie je možné ako kompromis, keďže dôležitým aspektom návrhu býva ľahká prenositeľnosť kalibrátora a možnosť jeho použitia v teréne.

Tento podmienke je podriadený aj návrh napájacieho napätia, ktoré je zvolené na jednosmernú hodnotu 9 V. Kalibrátor má plávajúce výstupné svorky.

Oživovanie kalibrátora

Pri stavbe a oživovaní kalibrátora častkových výbojov je veľmi dôležitá aj otázka jeho správnej kalibrácie - keďže od presnosti v kalibrácii meracieho obvodu závisí aj presnosť vo vlastnom meraní zdanlivého náboja častkového výboja, kalibračné náboje generované kalibrátorom je potrebné čo najpresnejšie nastaviť na menovitú hodnotu.

Samotné nastavenie kalibračných nábojov spočíva v presnom nastavení kapacít kalibračných kondenzátorov (pomocou kapacitných trimrov) porovnávacou metódou. Pre prvé približenie nastavovaných nábojov k referenčným postaći ako referenčný aj iný elektronický kalibrátor. Rozhodne toto nastavenie však nemožno považovať za presné (v prípade, ak sa vyžaduje presnosť v nastavení +/- 5% alebo +/- 1 pC).

Záver

Ako referenčný kalibrátor je omnoho vhodnejší fyzikálny kalibrátor. Takýto kalibrátor generuje impulzy v dutinke vyplnenej plynom rovnako, ako vznikajú impulzy čiastkových výbojov v skutočnom elektricky namáhanom izolačnom systéme. Pri takomto fyzikálnom kalibrátore, ktorý je väčšinou vhodný iba pre laboratórne použitie, nevznikajú nepresnosti spôsobené starnutím súčiastok a pri vhodnej konštrukcii kalibrátora ani nepresnosti spôsobené teplotnými zmenami. Dôležité je však mať pre takýto kalibrátor presný a stabilný zdroj kalibračného napätia.

Účelom realizácie návrhu kalibrátora bolo preto realizovať kalibrátor pre použitie mimo laboratória a dosiahnuť čo možno najvyššiu hodnotu kalibračných nábojov (nad 10 000 pC) za predpokladu použitia kalibrátora v teréne.

Literatúra

- [1] Asztalos, Š.: Diplomová práca: Zdroj nábojových impulzov od 10 pC do 10 000 pC, Košice, 2002
- [2] Petráš J.: Difficulties of partial discharge measurement system and calibrator design, Proceedings of Scientific Colloquium on High Voltage Engineering, Mercury - Smékal publishing house, 2002, s. 223-228

This work was supported by scientific Grant Agency of the ministry of Education of the Slovak Republic project VEGA No. 1/0368/09 and APVV-20-006005.

Autori: Jaroslav Petráš, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: jaroslav.petras@tuke.sk

Jozef Balogh, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: jozef.balogh@tuke.sk

Jaroslav Džmura, Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, E-mail: jaroslav.dzmura@tuke.sk